

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATERIELS AERONAUTIQUES

SESSION JUIN 2003

EPREUVE E5 :

TECHNOLOGIE, MATHEMATIQUES, AERODYNAMIQUE

SOUS EPREUVE :

AERODYNAMIQUE, MECANIQUE DES FLUIDES
MECANIQUE DU VOL ET TECHNIQUE DU VOL (U52)

Coefficient : 4

Durée : 4 heures

1^{ère} partie : étude d'une voilure

2^{ème} partie : étude de la caractérisation du moment de tangage

3^{ème} partie : analyse de consommation en carburant

4^{ème} partie : caractérisation du virage en vol d'un aéronef

5^{ème} partie : limitations de structure

6^{ème} partie : centrage

7^{ème} partie : Poids Mile Air

Ce sujet comprend 4 pages y compris cette feuille de présentation et 2 annexes.

1^{ère} partie : étude d'une voilure

- 1 Une voilure ; dont la surface de référence est $S_{\text{réf.}} = 20 \text{ m}^2$; possédant un profil dont l'épaisseur relative vaut 10 % est testée en soufflerie sous une incidence α .

1.1 Qu'appelle-t-on épaisseur relative ?

1.2 Qu'appelle-t-on incidence ?

- 2 Lors d'un essai réalisé à l'incidence α , sous une vitesse $V = 50 \text{ m/s}$ et avec une masse volumique $\rho = 1 \text{ kg/m}^3$, on relève les valeurs suivantes des forces de portance (F_z) et de traînée (F_x) :

$$F_z = 3\,215 \text{ N} \quad \text{et} \quad F_x = 321,5 \text{ N}$$

2.1 Calculer les valeurs des coefficients de portance (C_z) et de traînée (C_x)

2.2 Sachant qu'à l'incidence de portance nulle on relève une force de traînée égale à 300 N, on demande de calculer :

a) la valeur du coefficient de traînée de profil

b) la valeur du coefficient de traînée induite à l'incidence d'essai

c) les coefficients a et b définissant la polaire sous sa forme $C_x = a + b C_z^2$

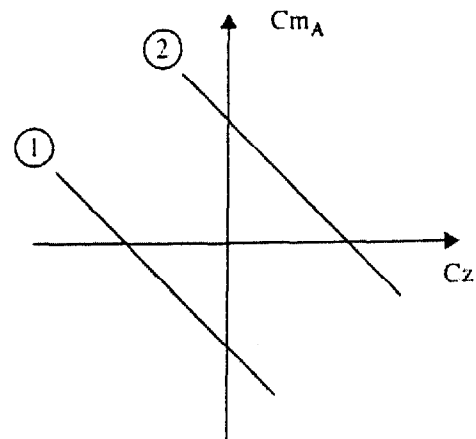
- 3 Les performances de la voilure à basse vitesse n'étant pas jugées satisfaisantes on lui adjoint un dispositif hypersustentateur de bord de fuite du type volet de courbure à fente

3.1 Donner schématiquement l'allure de ce dispositif

3.2 Quel est le principe de fonctionnement aérodynamique de ce dispositif ?

2^{ème} partie : étude de la caractérisation du moment de tangage

La courbe 1 ci-contre donne l'évolution du coefficient de moment de tangage - par rapport à un centre de gravité situé au bord d'attaque de la voilure - obtenue en soufflerie pour une aile susceptible d'équiper une aile volante d'un planeur pur.



- 1 Quelle est la convention de signe des coefficients de moment de tangage ?

- 2 A quel type de profil (double courbure ou double courbure inversé) cette courbe est-elle associée ?

- 3 Etude de l'équilibre en vol rectiligne

3.1 Quelle est la condition d'équilibre de la voilure

3.2 Où se trouve le point d'équilibre dans le plan $C_{m_A} = f(C_z)$? - courbe 1 -

3.3 Montrer que ce point d'équilibre est inacceptable en vol

3.4 Quelle modification géométrique doit-on apporter au profil initial pour rendre le point d'équilibre acceptable (à mêmes positions du centre de gravité, régime d'écoulement et à même forme en plan de la voilure) ?

4 Etude de la stabilité statique

- 4.1 En appelant T une tendance et R la réponse consécutive à la tendance, à quel critère doit répondre le rapport (R / T) pour que l'équilibre soit naturellement stable ?
- 4.2 Montrer alors que le point d'équilibre appartenant à la courbe 2 assure à cet équilibre acceptable une stabilité statique naturelle

3^{ème} partie : analyse de consommation en carburant

Soit un avion de masse $m = 120$ tonnes ($g = 10 \text{ m/s}^2$) ; de surface de référence $S_{\text{réf.}} = 240 \text{ m}^2$; volant en palier à une altitude telle que $\rho = 1 \text{ kg/m}^3$ équipé de réacteurs dont la consommation spécifique est $C_{\text{sp}} = 0,05 \text{ kg/h N}$;

On donne les valeurs des coefficients de portance et de traînée :

Aux incidences α_1 et α_2 :	$C_{z\alpha_1} = 0,277$	$C_{x\alpha_1} = 0,016$
	$C_{z\alpha_2} = 0,480$	$C_{x\alpha_2} = 0,024$

- 1 Quelles sont les définitions relatives à l'attente et au Maxi - Range
- 2 Quelles sont les valeurs des vitesse et équivalent de vitesse à α_1 et à α_2
- 3 Quelles sont les valeurs des consommations horaires aux incidences α_1 et α_2 (vol en palier)
- 4 quelles sont (exprimées en kg / NM) les valeurs des consommations distances à α_1 et à α_2 (à vent effectif nul et vol en palier)
- 5 Que peut-on dire de la consommation horaire à α_2 et la consommation distance à α_1 ?

4^{ème} partie : caractérisation du virage en vol d'un aéronef

1 Virage correct

- 1.1 Indiquer, sur un schéma - l'avion étant vu de l'arrière - les forces en présences dans un virage correct
- 1.2 En déduire l'expression du facteur de charge lors d'un virage correct
- 1.3 Quelle est l'expression de la vitesse de décrochage en virage correct ?

2 Virage incorrect

- 2.1 Montrer que lors d'un virage dérapé extérieur, la bille est à l'extérieure
- 2.2 Que devient la valeur du facteur de charge en virage dérapé extérieur par rapport celle en virage correct ?

5^{ème} partie : limitations de structure

On appelle respectivement A , B et C les valeurs des masses maximales de structure au décollage, à l'atterrissage et sans carburant (MMSD, MMSA et MZFW)

- 1 Quelles sont les raisons d'être de ces trois valeurs A , B et C
- 2 En symbolisant par m_b la masse de base, par Q_{LF} le carburant au lâcher des freins et par d le délestage, montrer comment on détermine la limitation utile et la charge offerte

6^{ème} partie : centrage

Soit un AIRBUS A 320 dont la masse de base est égale à 43 tonnes devant transporter une charge égale à 12 tonnes sur une étape nécessitant un carburant au lâcher des freins égal à 8,5 tonnes (dans ces conditions, l'Index carburant est $I_C = - 5$). La répartition à bord des passagers, des bagages et du fret conduit à un index sans carburant : $I_{SC} = 25$

La feuille de centrage de l'A 320 est fournie en annexe et devra être rendue.

- 1 Quelle est la valeur de la masse sans carburant de l'appareil pour ce vol ?
- 2 Donner, pour cette masse et en les justifiant par un tracé, les limites avant et arrière de centrage
- 3 Quelle est la position du centre de gravité sans carburant exprimée en pourcentage de la longueur de corde ?
- 4 Quelle est la valeur de la masse au lâcher des freins ?
- 5 Quelle est la valeur de l'index au lâcher des freins (confondu avec l'index à la mise en route) ?
- 6 Donner, pour la masse au lâcher des freins et en les justifiant par un tracé, les limites avant et arrière de centrage
- 7 Quelle est la position du centre de gravité au lâcher des freins (confondue avec celle à la mise en route) exprimée en pourcentage de la corde de référence ?

7^{ème} partie : Poids Mile Air

Un B 737 doit réaliser une étape d'une distance **SOL** égale à 2 000 NM au niveau de vol FL 350, à $M = 0,74$ en condition standard et avec un vent effectif moyen de - 30 kt (vent de face)

Sachant que la masse au lâcher des freins est de 60 550 kg et que :

Montée : consommation : 1 450 kg et distance **SOL** : 95 NM depuis le lâcher des freins
Descente : consommation : 270 kg et distance **SOL** : 90 NM jusqu'au point de début de
procédure avant atterrissage

Remarque : la consommation liée à la phase de décollage proprement dite est incluse dans la consommation "montée" et la distance parcourue pendant la procédure à l'arrivée est supposée nulle

On demande :

- 1 La masse en fin de montée ainsi que le "Poids Mile Air" associé :
- 2 La distance sol à effectuer en croisière et la distance air correspondante :
- 3 Le Poids Mile Air en fin de croisière
- 4 La masse en fin de croisière :
- 5 La masse avant la procédure d'atterrissage :
- 6 Le délestage avant la procédure d'atterrissage :
- 7 La charge offerte sur l'étape si les réserves totales sont de 1 810 kg, la masse de base égale à 31 850 kg ; la procédure consommant 150 kg.

Le tableau Poids Mile Air relatif au B 737 est donné en annexe.

Examen ou Concours

Série* :

Spécialité/option* :

Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

NOM :

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms :

N° du candidat

Né(e) le :

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

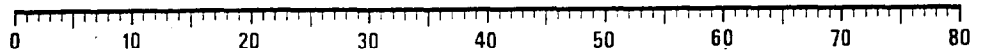
MEE5AFV

ANNEXE 1

A 320

FÉUILLE DE CENTRAGE BALANCE CHART

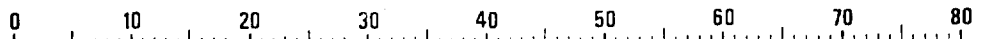
INDEX SANS CARBURANT
ZERO FUEL INDEX



INDEX CARBURANT
FUEL INDEX

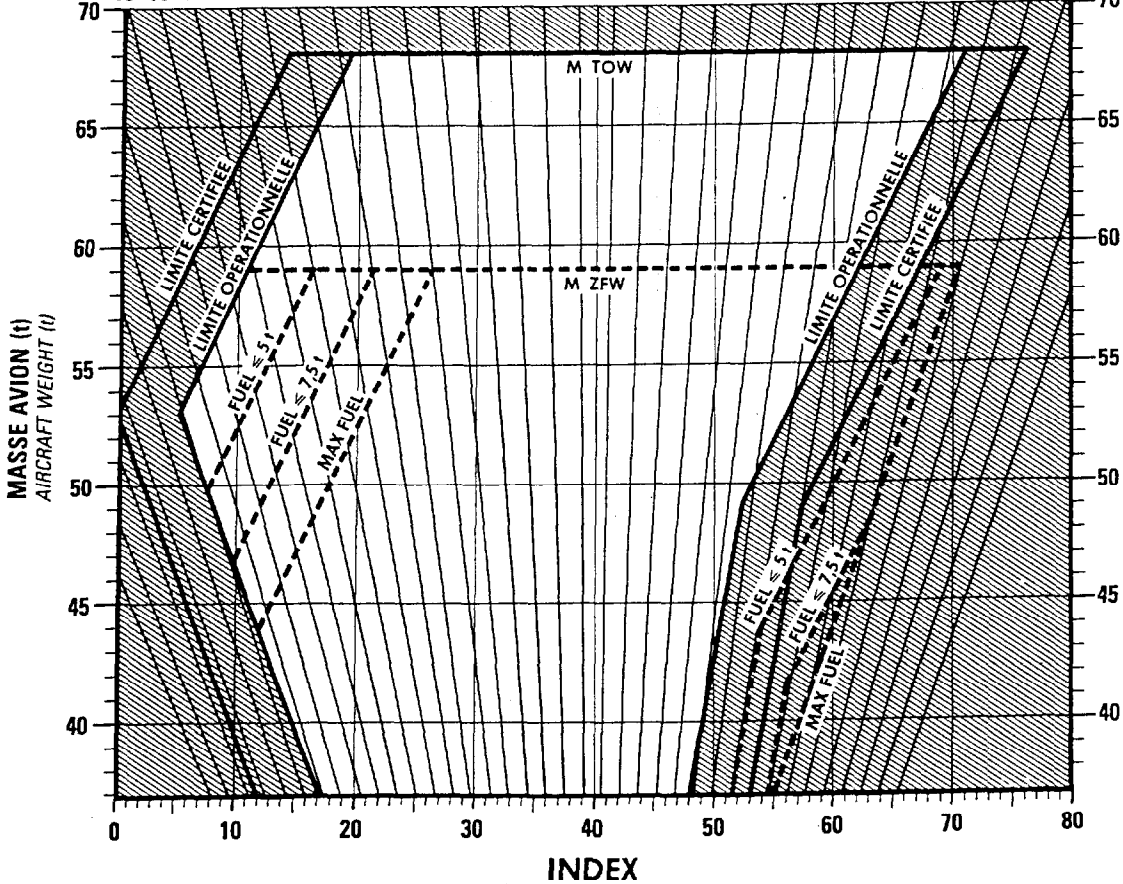


INDEX MISE EN ROUTE
BLOCK INDEX



15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 ← MAC %

ZONES AUTORISEES SANS CARBURANT
(fonction du total carburant)
ZERO FUEL ALLOWED AREAS
(function of total fuel)



	MASSE (t) WEIGHT (t)
AVION SANS CARBURANT ZERO FUEL	
TOTAL CARBURANT TOTAL FUEL	+
AVION MISE EN ROUTE BLOCK	=

CENTRAGE DECOLAGE
(= Centrage mise en route)

(TAKE OFF % MAC)
(= Block % MAC)

ANNEXE 2

	PERFORMANCES		
UTILISATION			
B 737 - 500	MASSES MILES AIR	M = 0,74	

Croisière 2 moteurs, A/C sur AUTO

Limites de poussée maxi croisière

ISA

FL 350

TAS 427 KT - ISA = - 54,3° C

Masses kg	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
	CRUISE DISTANCE - NAUTICAL AIR MILES									
32000	0	25	50	74	99	124	149	173	198	222
33000	247	272	296	321	345	370	394	419	443	467
34000	492	516	540	565	589	613	638	662	686	710
35000	734	758	782	806	830	855	878	902	925	950
36000	974	998	1022	1046	1070	1093	1117	1141	1164	1188
37000	1212	1235	1259	1292	1306	1330	1353	1376	1400	1423
38000	1447	1470	1493	1517	1540	1563	1586	1610	1633	1656
39000	1679	1702	1725	1743	1771	1794	1817	1840	1863	1885
40000	1909	1932	1955	1977	2000	2023	2046	2068	2091	2114
41000	2136	2159	2181	2204	2226	2249	2271	2294	2316	2338
42000	2361	2383	2405	2427	2450	2472	2494	2516	2538	2560
43000	2582	2504	2626	2648	2670	2692	2714	2736	2758	2780
44000	2801	2823	2845	2867	2888	2910	2931	2953	2975	2995
45000	3018	3039	3061	3082	3103	3125	3146	3167	3189	3210
46000	3231	3252	3274	3295	3316	3337	3358	3379	3400	3421
47000	3442	3463	3484	3505	3526	3547	3568	3588	3609	3630
48000	3651	3671	3692	3713	3733	3754	3774	3795	3815	3836
49000	3856	3877	3897	3917	3938	3958	3978	3998	4019	4039
50000	4059	4079	4099	4119	4139	4159	4179	4199	4219	4239
51000	4258	4273	4293	4313	4337	4357	4377	4395	4416	4435
52000	4455	4474	4494	4513	4532	4552	4571	4590	4609	4629
53000	4648	4667	4686	4705	4724	4743	4762	4781	4800	4819
54000	4837	4856	4875	4894	4912	4931	4950	4968	4987	5005
55000	5024	5042	5060	5079	5097	5115	5134	5152	5170	5188
56000	5205	5224	5242	5260	5278	5296	5314	5332	5350	5368
57000	5385	5403	5421	5439	5456	5474	5491	5509	5526	5544
58000	5561	5579	5596	5613	5630	5648	5665	5682	5699	5716
59000	5733	5750	5767	5784	5801	5818	5835	5852	5868	5885
60000	5902	5918	5935	5951	5968	5985	6001	6017	6034	6050
61000	6066	6083	6099	6125	6131	6147	6163	6179	6195	6211
62000	6227	6243	6259	6275	6290	6306	6322	6337	6353	6369